Tijdschrift van het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
DEEL 31 Nr. 5 1966

Toepassingen op het gebied van de onderwaterakoestiek SONAR

door M. W. van Batenburg *)

Voordracht, gehouden voor het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap op 8 april 1965 in Utrecht.

Summary

A survey is given on differences and similarities between SONAR and RADAR as far as the characteristics, including those of the medium, are concerned.

On active SONAR equipment a short historical survey is given together with a description of older and newer designs.

Finally some examples are given on special techniques of using SONAR equipment in order to overcome the difficulties of short ranges obtained under conditions of strongly varying velocity of sound propagation.

1. Inleiding

Het woord SONAR is een verzamelnaam voor apparatuur, die gebruik maakt van akoestische trillingen om onder water informatie over te brengen, afstanden te bepalen, voorwerpen op te sporen, etc. Het woord SONAR is voor het eerst door de Amerikanen gebruikt als afkorting voor Sound Navigation and Ranging in analogie met het woord RADAR (Radio Detection and Ranging).

Door de Engelsen is hiervoor tot voor enkele jaren het woord

*) Physisch Laboratorium Rijksverdedigingsorganisatie T.N.O., 's-Gravenhage.

ASDIC gebruikt, dat een afkorting is van Anti Submarine Defence Investigation Committee.

Dat onder water voor bovengenoemde doeleinden geen gebruik wordt gemaakt van elektromagnetische trillingen, vindt zijn oorzaak in het feit, dat deze trillingen in water zeer sterk worden gedempt; zelfs bij zeer lage frequenties, bv. 10.000 Hz, is de indringdiepte van de grootte-orde van meters.

2. SONAR en RADAR, verschillen en overeenkomsten

Aangezien men in het algemeen beter vertrouwd is met RADAR dan met SONAR, is het wellicht interessant hiertussen een vergelijking te maken. Laten we ons hier beperken tot de actieve SONAR, dat wil zeggen een SONAR, die een

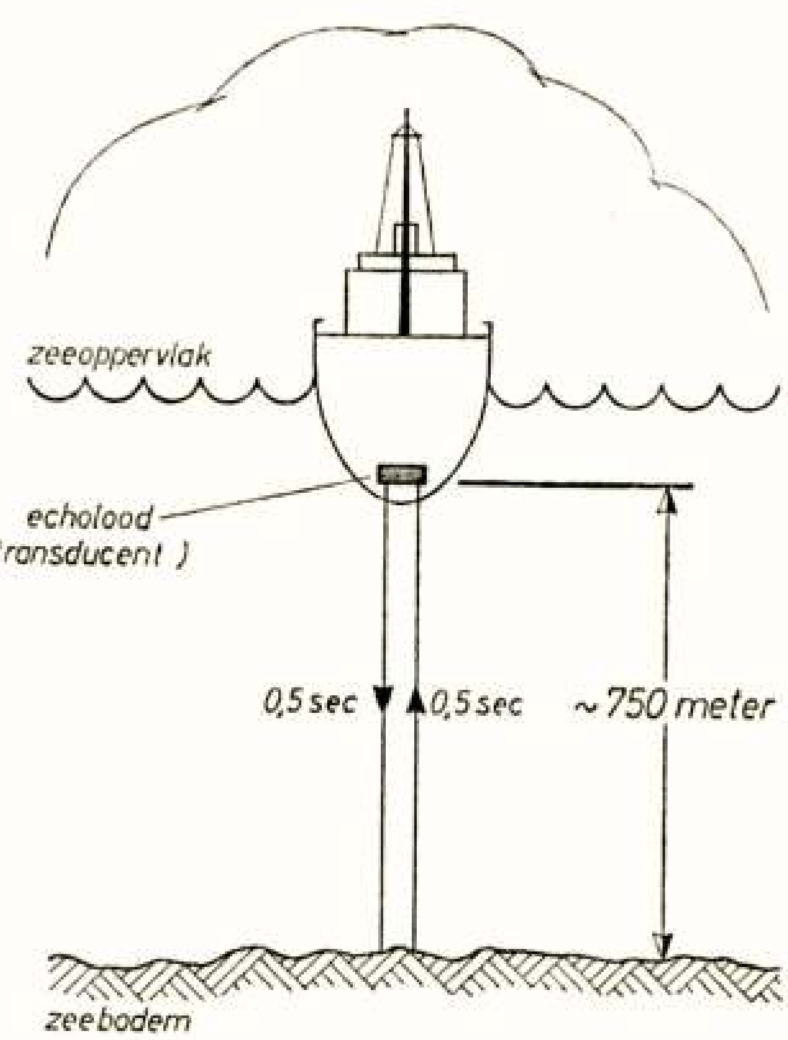


Fig. 1
Echolood

korte puls akoestische trillingen in het water stuurt en na verloop van tijd een echo ontvangt van een object, dat getroffen is door de uitgezonden puls; dus een systeem dat geheel analoog aan de gewone RADAR werkt. De akoestische trillingen worden uitgezonden en ontvangen met behulp van een zogenaamde

transducent, die dus voor de SONAR is, wat de antenne is voor de RADAR.

Een voorbeeld van een zeer eenvoudige actieve SONAR is het alom bekende echolood (fig. 1).

2.1 *Golflengte van de gebruikte trillingen*

Het is interessant op te merken, dat de golflengte van de uitgezonden trillingen bij RADAR en SONAR ongeveer dezelfde is:

RADAR-golflengte: 3-50 cm; freq.: 10.000-600 MHz;
SONAR-golflengte: 3-50 cm; freq.: 50- 3 kHz.

De hoge frequenties dienen in beide gevallen in het algemeen voor nauwkeurige detectie van kleine voorwerpen op kleine afstand, de lage frequenties voor de detectie op grote afstand.

2.2 *Medium*

Daar voor het overdragen van akoestische trillingen het medium een essentiële rol vervult, zijn de eigenschappen hiervan hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het grote verschil in detectie-afstanden van RADAR en SONAR.

1) Voortplantingssnelheid

Voor akoestische trillingen onder water is de voortplantingssnelheid ongeveer 1,5 km/sec; voor elektromagnetische trillingen 300.000 km/sec, dus 200.000 maal zo groot. Dat wil zeggen, dat voor het opvangen door een RADAR van een echo van de maan evenveel tijd benodigd is, als een SONAR nodig heeft voor het opvangen van een echo van een object op ongeveer 2 km afstand.

De voortplantingssnelheid van akoestische trillingen is overigens verre van constant, maar afhankelijk van temperatuur, zoutgehalte en druk. Een betrekkelijk eenvoudige formule, waarin deze afhankelijkheid wordt uitgedrukt, is de volgende:

$$v = 1410 + 4{,}21\,T - 0{,}0037\,T^2 + 1{,}1\,S + 0{,}018\,D.$$

Hierbij is:

v de voortplantingssnelheid in m/sec,

T de temperatuur in graden Celsius,
S het zoutgehalte in promille,
D de diepte in meters.

De invloed van deze grootheden op de voortplantingssnelheid is dus niet gering (5 % voor een temperatuursverschil van 20° C, 3 % voor zoet water en zeewater, 5 % voor een diepteverschil van 4000 meter). Dit betekent dat de akoestische stralengang sterk afhankelijk is van dag en nacht, van de seizoenen, van de plaats op aarde, etc.

Hier moge worden volstaan met een tweetal voorbeelden.

A Stralengang bij negatieve temperatuurgradiënt bij verschillende domphoeken (fig. 2).

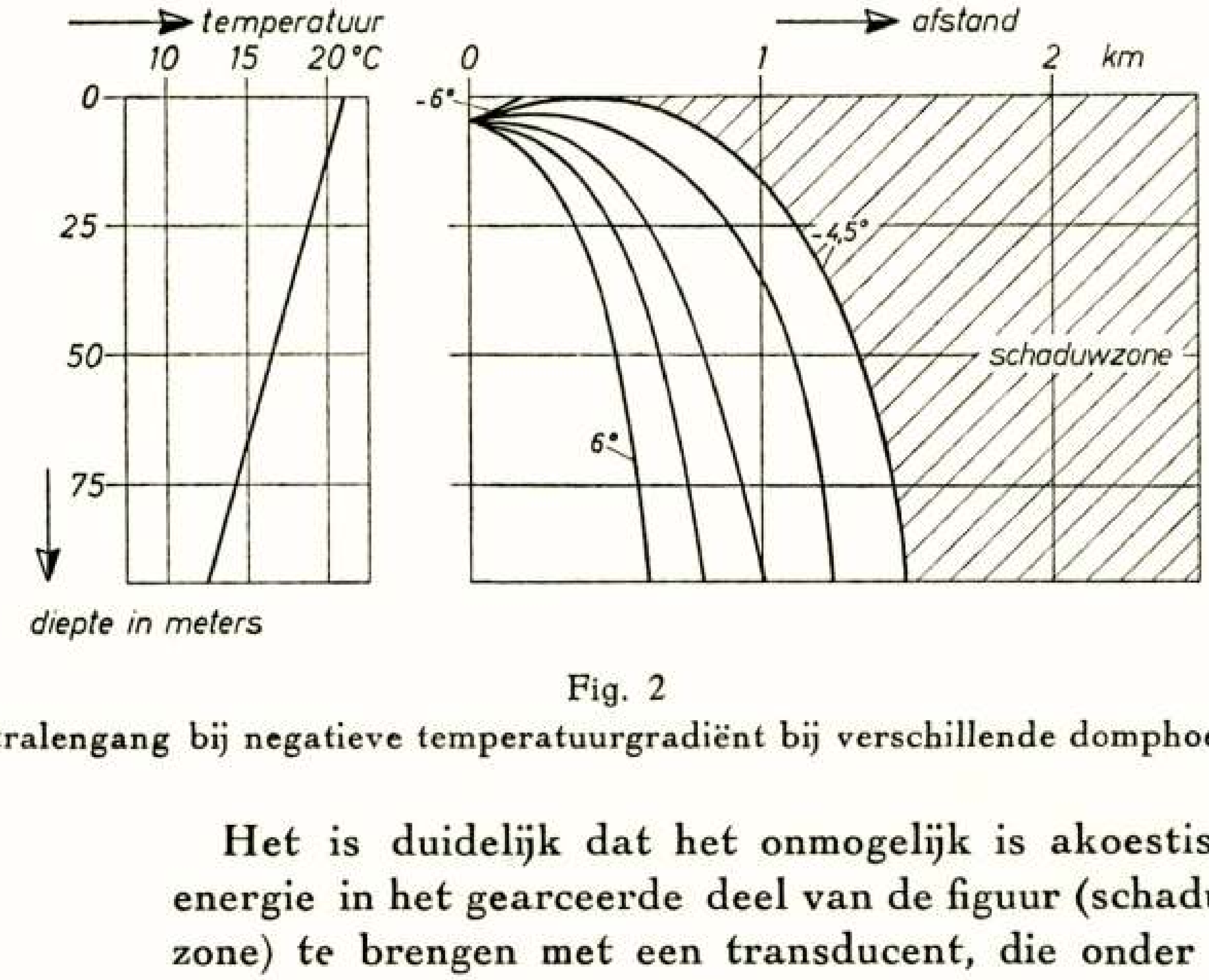


Fig. 2
Stralengang bij negatieve temperatuurgradiënt bij verschillende domphoeken

Het is duidelijk dat het onmogelijk is akoestische energie in het gearceerde deel van de figuur (schaduwzone) te brengen met een transducent, die onder het schip is aangebracht. Dit betekent, dat onder deze condities een onderzeeboot pas gedetecteerd kan worden op 1,5 km afstand.

B Stralengang bij een vrij grillig temperatuurverloop (fig. 3), waarbij een convergentie van de stralen optreedt.

Onder deze omstandigheden zal op diep water dus de mogelijkheid bestaan, dat onderzeeboten gedetecteerd worden op een afstand van 50 km, maar dichterbij niet. Dit is uiteraard slechts mogelijk als de

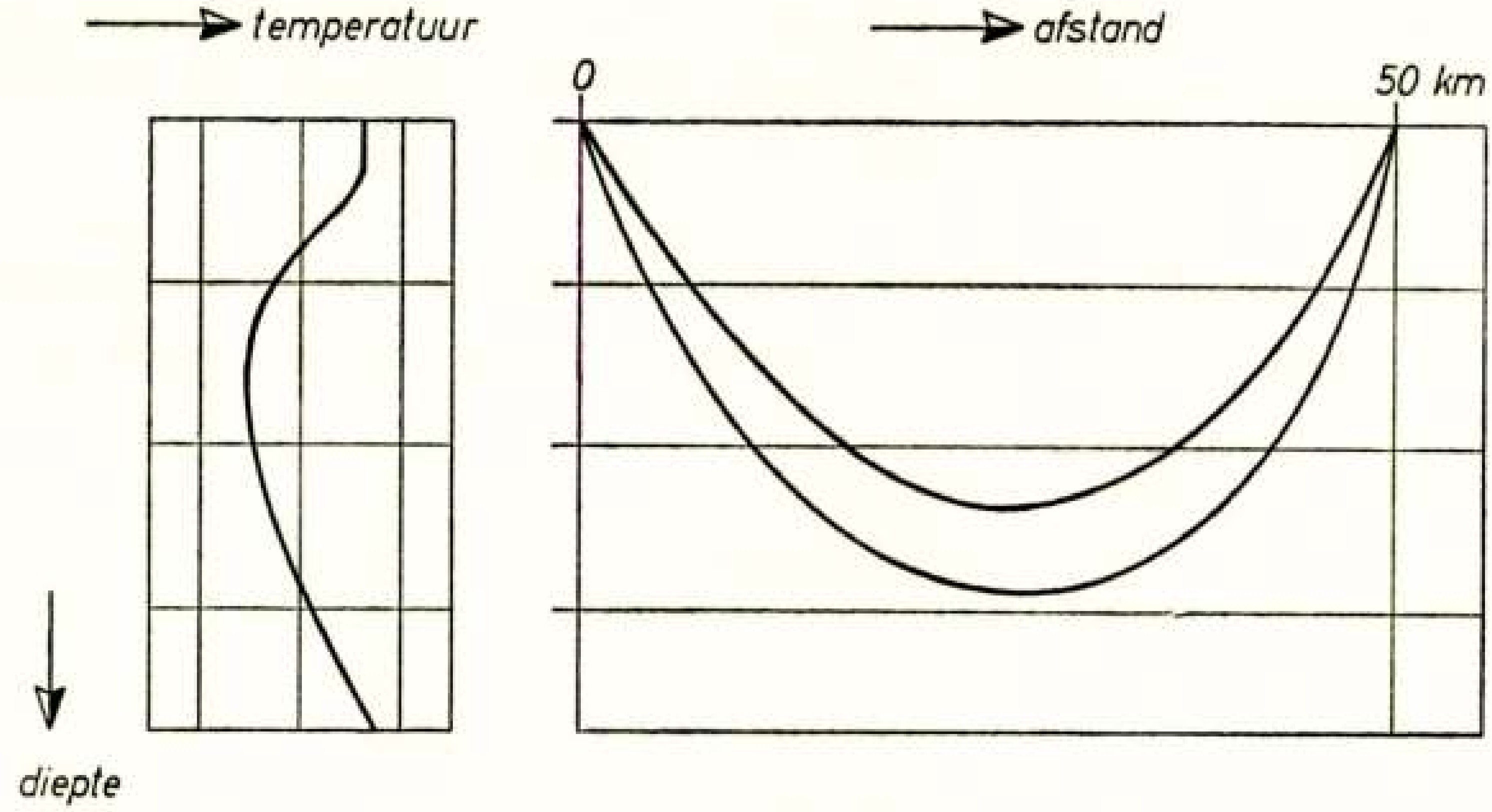


Fig. 3
Convergentiezone

richting van de stralenbundel aangepast is aan het temperatuur- en drukverloop in het water. (Voor meer informatie over deze materie zij verwezen naar [1].)

2) Demping of absorptie

Aangezien de voortplanting van geluidsgolven in het water gepaard gaat met plaatselijke drukveranderingen, zal er wrijving optreden tussen de watermoleculen, waarbij verliezen optreden en akoestische energie in warmte wordt omgezet. In de praktijk werkt men met de volgende formule voor de absorptiecoëfficiënt a:

$$a = 0{,}22 f + 0{,}000.165 f^2 \qquad \text{(dB/km)},$$

waarbij f de frequentie in kHz is.

freq.	*a*
5 kHz	1,1 dB/km
10 „	2,2 „
20 „	4,5 „
40 „	9,1 „
100 „	24 „

Tabel 1

Vergelijken we hiermede de absorptiecoëfficiënt waar

we bij RADAR mee te maken hebben: grootte-orde 10^{-5} dB/km, dan is het wel duidelijk waarom de detectie-afstanden bij SONAR zoveel geringer zijn.

Een indruk van de wijze waarop de druk afneemt met de afstand, tengevolge van de demping en de bolvormige uitbreiding, met de frequentie als parameter, geeft fig. 4.

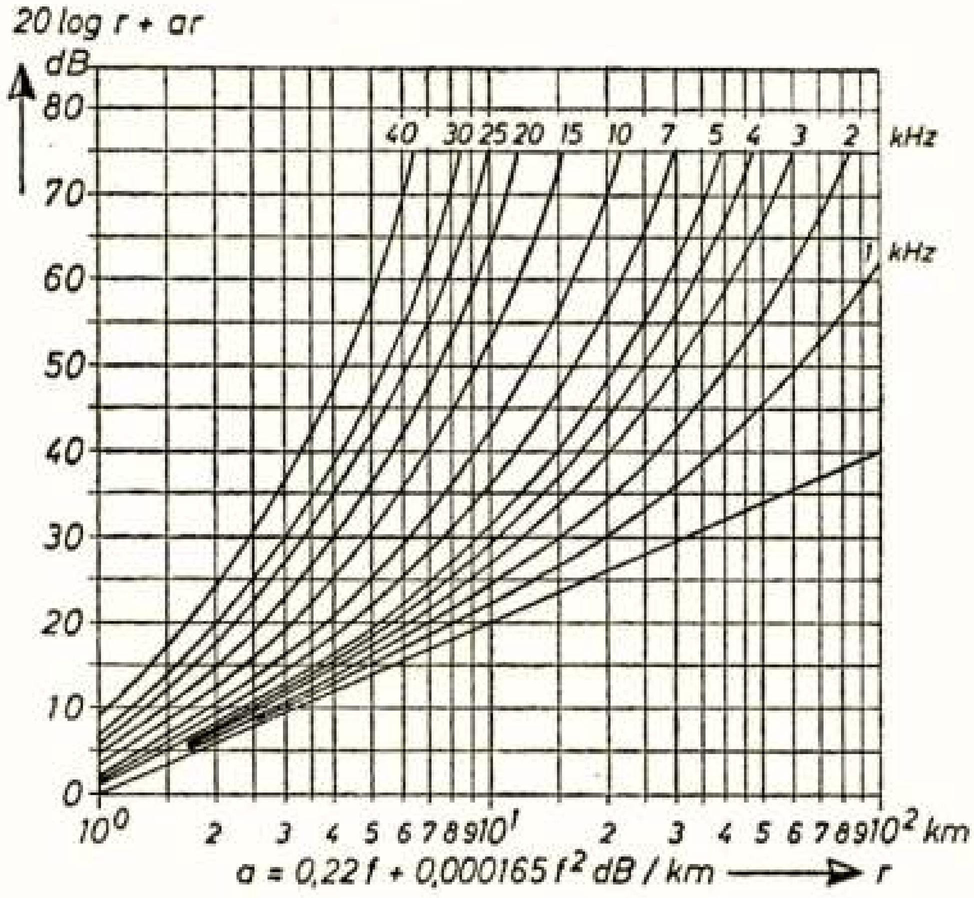


Fig. 4
Voortplantingsverliezen

3) Vermogensbeperking

Als aan het water een te groot vermogen per oppervlakte-eenheid wordt overgedragen, ontstaat cavitatie. Zoals bekend mag worden verondersteld, komt dit verschijnsel ook bij scheepsschroeven voor. De cavitatiegrens, d.i. die waarde van het vermogen per cm² oppervlak, waarbij juist geen cavitatie optreedt, is afhankelijk van de druk, de frequentie van de trillingen, de tijdsduur van de impuls, de mate van verontreiniging van het water en de temperatuur. Voor een SONAR met bv. een frequentie van 5 kHz en een pulsduur van 100 m sec ligt deze grens bij ongeveer 0,5 W/cm², als de transducent zich enkele meters onder het wateroppervlak bevindt.

Hierbij een foto van cavitatie opgewekt door een transducent (fig. 5).

Bij RADAR wordt de grens voor het vermogen meestal bepaald door doorslag in de golfgeleider; hij ligt in de grootte-orde van 1 MW/cm² doorsnede van de golfgeleider. Een

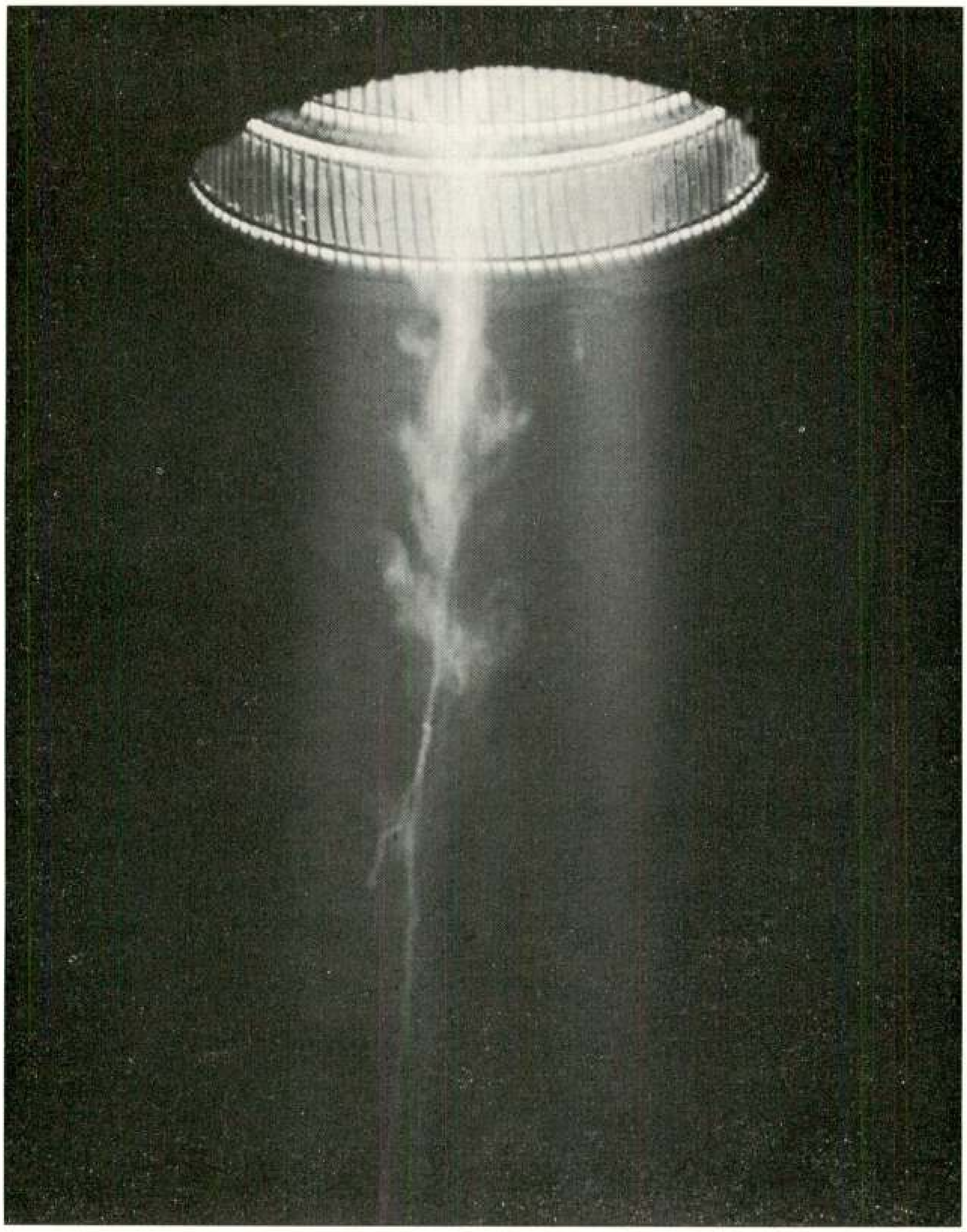


Fig. 5
Cavitatie

enorm verschil dus, waarbij wel rekening moet worden gehouden met het feit, dat de pulslengten bij SONAR en RADAR een factor 100 tot 10.000 kunnen verschillen, zodat in het verschil in uitgezonden energie niet dezelfde factor optreedt.

2.3 *Stoorbronnen*

We kunnen hier onderscheid maken tussen zelfstandige en door de SONAR zelf veroorzaakte storingen. De eerste hangen

B. Door de actieve SONAR zelf veroorzaakte stoorbronnen

Deze worden in principe veroorzaakt door ongewenste echo's, meestal „reverberation" genoemd, en zijn te vergelijken met „clutter" bij de RADAR. Ze worden veroorzaakt door:

verontreinigingen in het water, algen, vissen, etc.,
het zee-oppervlak,
de zeebodem,
stromingen,
sterke temperatuurgradiënten, waarbij laagvorming optreedt,
grote verschillen in zoutgehalte, zoals bij riviermonden.

3. De transducenten

De transducent vervult bij SONAR dezelfde rol als de antenne bij RADAR. Terwijl bij parabolische antennes afmetingen van 10 meter zeer wel mogelijk zijn, is het zonder meer duidelijk, dat een transducent van dergelijke afmetingen niet onder het schip is aan te brengen, zonder dat hierbij een groot verlies aan snelheid van het schip zou optreden. In het algemeen zijn dus bij RADAR aanzienlijk kleinere bundelbreedten bij dezelfde golflengte bereikbaar, dan bij SONAR.

De transducenten zijn eigenlijk de belangrijkste elementen in de onderwaterakoestiek, aangezien zij het mogelijk maken elektrische energie in akoestische energie om te zetten en omgekeerd. Van vele principes kan gebruik worden gemaakt om de energie-omzetting te bewerkstelligen, maar slechts enkele leveren een behoorlijk rendement op. Meestal wordt gebruik gemaakt van het piëzo-elektrisch of het magnetostrictieve effect.

Voorbeelden van piëzo-elektrische materialen zijn:
kwarts, Seignette-zout, Ammonium Dihydro Phosfaat (ADP), bariumtitanaat, loodzirconaat.
Als magnetostrictieve materialen komen in aanmerking:
nikkel en legeringen, zoals alfer, kobaltnikkel, etc., ferrieten.

We onderscheiden lijnvormige, vlakke en cilindrische transducenten. Voor actieve SONAR worden vlakke en tegenwoordig meestal cilindrische gebruikt; dit is een voorbeeld van een ontwikkeling, die bij de RADAR pas veel later is toegepast. Een

voorbeeld van een dergelijke transducent die in ons laboratorium werd vervaardigd geeft fig. 8.

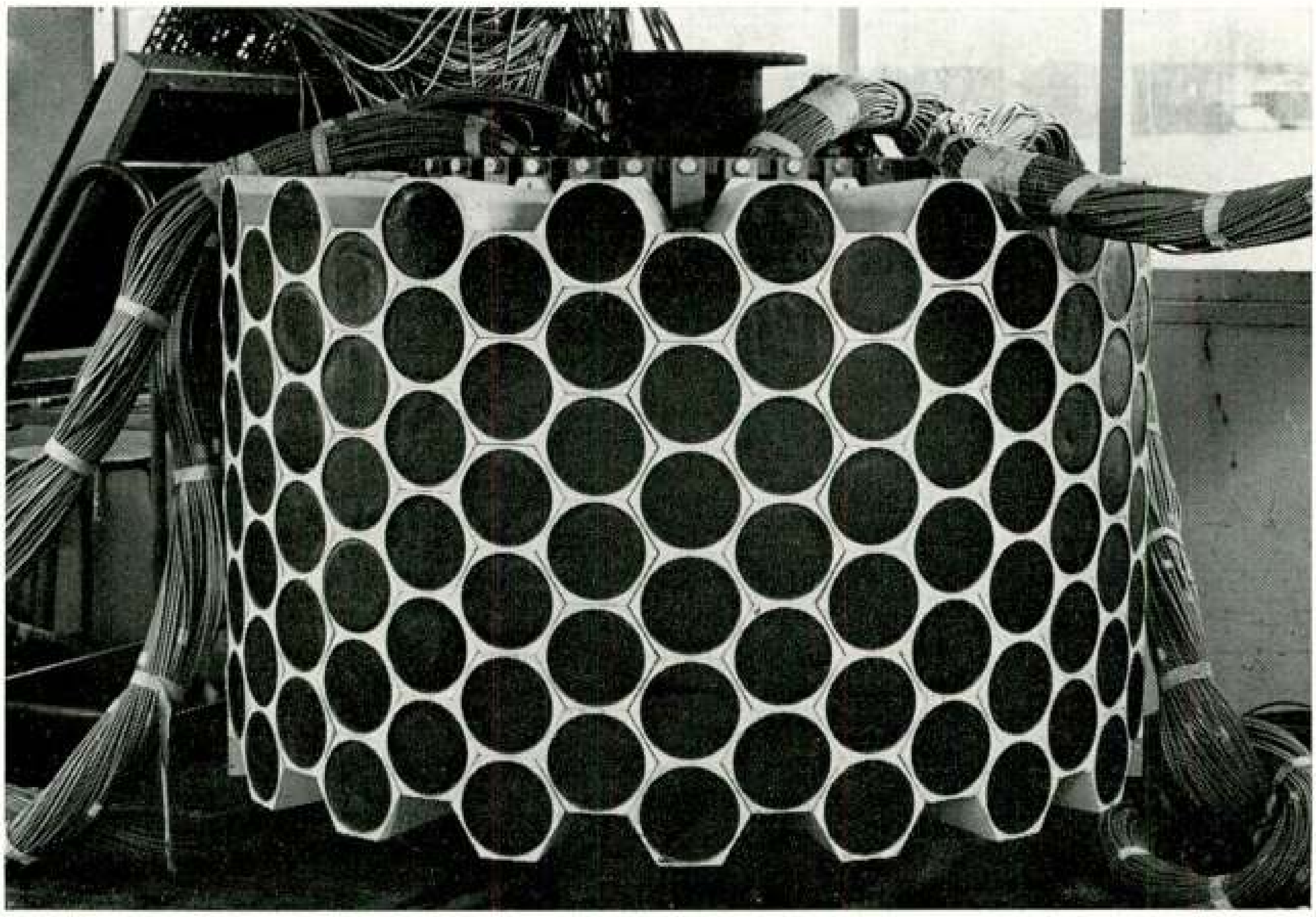


Fig. 8
Transducent, bestaande uit 36 „staven", ieder met 6 elementen

4. De SONAR

4.1 *Korte historie*

Hoewel de bestudering van de onderwaterakoestiek omstreeks 1800 begon, heeft de eerste toepassing hiervan, voorzover mij bekend, pas plaats gevonden tijdens het beleg van Parijs in de oorlog van 1870, waarbij men door zware kerkklokken onder water in de Seine te luiden, trachtte verbinding met de buitenwereld te krijgen. De daarbij bereikte afstand schijnt ca. 1500 meter te hebben bedragen.

De eerste stoot tot het ontwerpen van detectie-apparatuur werd gegeven door de ramp van de Titanic in 1912. Men ging de mogelijkheid onderzoeken om voorwerpen (ijsbergen) onder water te detecteren met behulp van akoestische trillingen. De Engelsman L. F. Richardson schijnt de eerste te zijn geweest, die hiertoe een duidelijk voorstel deed. Inderdaad gelukte het met een Fessenden oscillator (een soort elektrodynamische luidspreker) in 1914 een ijsberg op 2 mijl afstand te detecteren.

Gedurende de eerste wereldoorlog werd veel onderzoek

verricht om tot onderzeeboot-detectie-apparatuur te komen. Zo gelukte het de Franse professor Langevin en de Rus Chilowsky een transducent te construeren, die een flink vermogen bij hogere frequentie (15.000 Hz) kon leveren. Deze transducent maakte gebruik van het piëzo-elektrisch effect van kwarts, waaraan in die tijd veel onderzoekingen werden gedaan door Jacques en Pierre Curie. Onderzoek, uitgevoerd vlak voor en gedurende de tweede wereldoorlog, leidde tot meer inzicht in de onderwaterakoestiek.

4.2 *Oudere SONAR-apparatuur*

Men kon slechts kleine transducenten gebruiken, omdat men de uitsteeksels uit het schip klein wenste te houden. Om toch een nauwe bundel te verkrijgen gebruikte men vrij hoge frequenties (15-40 kHz). Als zender werden òf roterende omvormers òf buizenzenders (vaak zelfoscillerend) gebruikt. De ontvangers waren eerst rechtuit-ontvangers; later werden ook heterodyne-ontvangers gebruikt. Het eigenlijke detectiemiddel was het oor, waarbij de frequentie door middel van een mengtrap op 800 à 1.000 Hz werd gebracht, aangezien het menselijk oor in dit frequentiegebied het gevoeligst is. Hierbij speelde het dopplereffect een zeer grote rol. Het verschijnsel van de toonhoogteverandering van de claxon van een voorbijrijdende auto, of de fluit van een trein is algemeen bekend. Schematisch is het dopplereffect aangegeven in fig. 9.

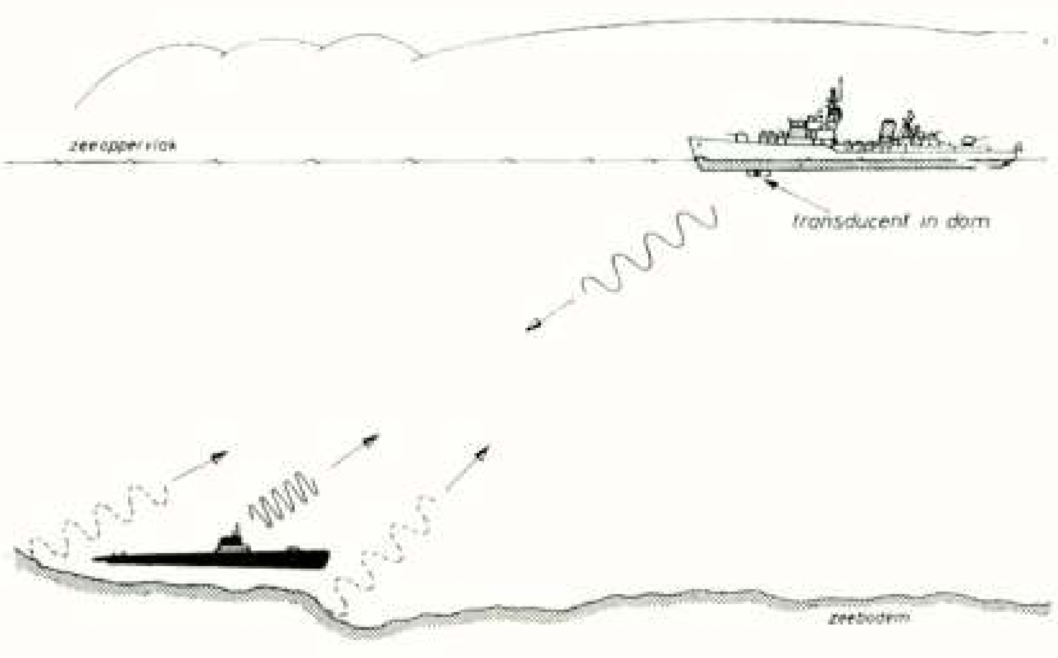


Fig. 9
Doppler-effect

In formule:

$$\text{dopplerfrequentie} = 2\,\frac{v_1 - v_2}{v}\, f \cos \alpha\,,$$

waarbij:

$v_1 - v_2$ = snelheidsverschil tussen schip, dat uitzendt en object, dat de echo produceert;

v = voortplantingssnelheid van akoestische trillingen onder water;

f = frequentie;

α = hoek tussen vaarrichting object en richting van zendende transducent.

Voor een frequentie van 25 kHz betekent dit 17 Hz per knoop. Als de onderzeeboot 10 knoop vaart heeft dit dus een frequentieverschuiving ten gevolge van 170 Hz ten opzichte van stilstaande objecten. De onder punt 2.3 genoemde „reverberation" heeft in het algemeen geen doppler-verschuiving. Aangezien het oor in staat is tussen een vrijwel ononderbroken toon (afkomstig van reverberation) een impuls met lagere of hogere toonhoogte (afkomstig van een bewegend object) waar te nemen, ook al is deze veel zwakker (13 dB bij een frequentie-verschil van 100 Hz), is het dopplereffect hier dus van groot belang.

Ook ten gevolge van de eigen vaart treedt dit effect natuurlijk op. De grootte van deze frequentieverschuiving is afhankelijk van de eigen vaart en van de bakshoek van de transducent. De latere installaties zijn dan ook voorzien van een eigen dopplercompensatie, door de frequentie van de oscillator van de mengtrap te veranderen afhankelijk van de bakshoek van de transducent en van de eigen vaart, welke van het log wordt afgenomen.

De procedure, die met deze oude installaties werd gevolgd was zo, dat de man met de koptelefoon op zelf bakste. Tijdens het zoeken werd na afloop van elk zendinterval de bakshoek telkens met een stap van bv. 10° veranderd. Dacht hij een echo van een doel te horen, dan bakste hij terug over de echo heen tot deze niet meer hoorbaar was, vervolgens bakste hij weer over de echo heen tot hij de echo wederom verloor. Midden tussen deze twee hoeken in was dan de juiste bakshoek. Deze uiterst langzame en vrij onnauwkeurige procedure werd later verbeterd door de transducent in twee delen te splitsen en de fasehoek tussen de signalen van de twee helften van de transducent te bepalen (zie fig. 10).

Een eenvoudige manier om deze fasehoek zichtbaar te maken is het zg. som-verschilsysteem. De somspanning wordt toegevoegd aan de vertikale platen van een kathodestraalbuis; de verschilspanning wordt, na in fase over 90° te zijn gedraaid,

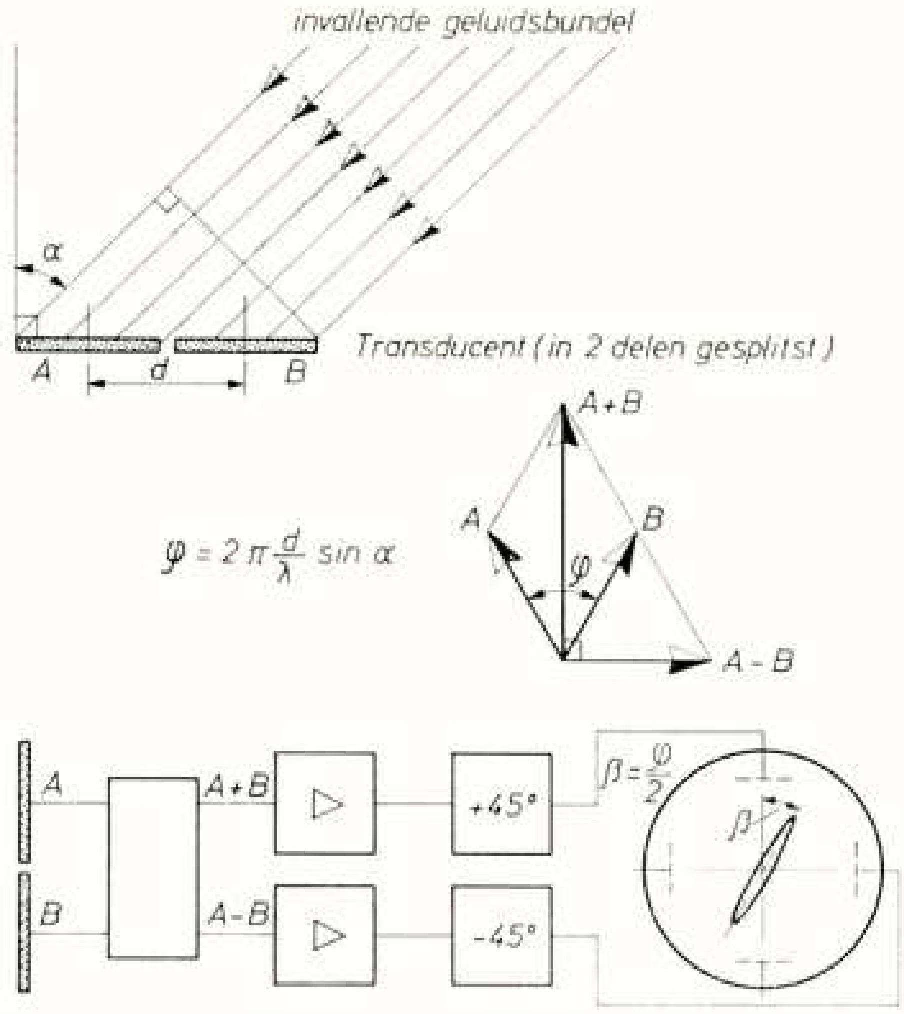


Fig. 10
Som-verschilsysteem

toegevoegd aan de horizontale platen. De hoek β van de lijn op het scherm van de kathodestraalbuis is dan gelijk aan de helft van het faseverschil φ tussen A en B. Bij een frequentie van 25

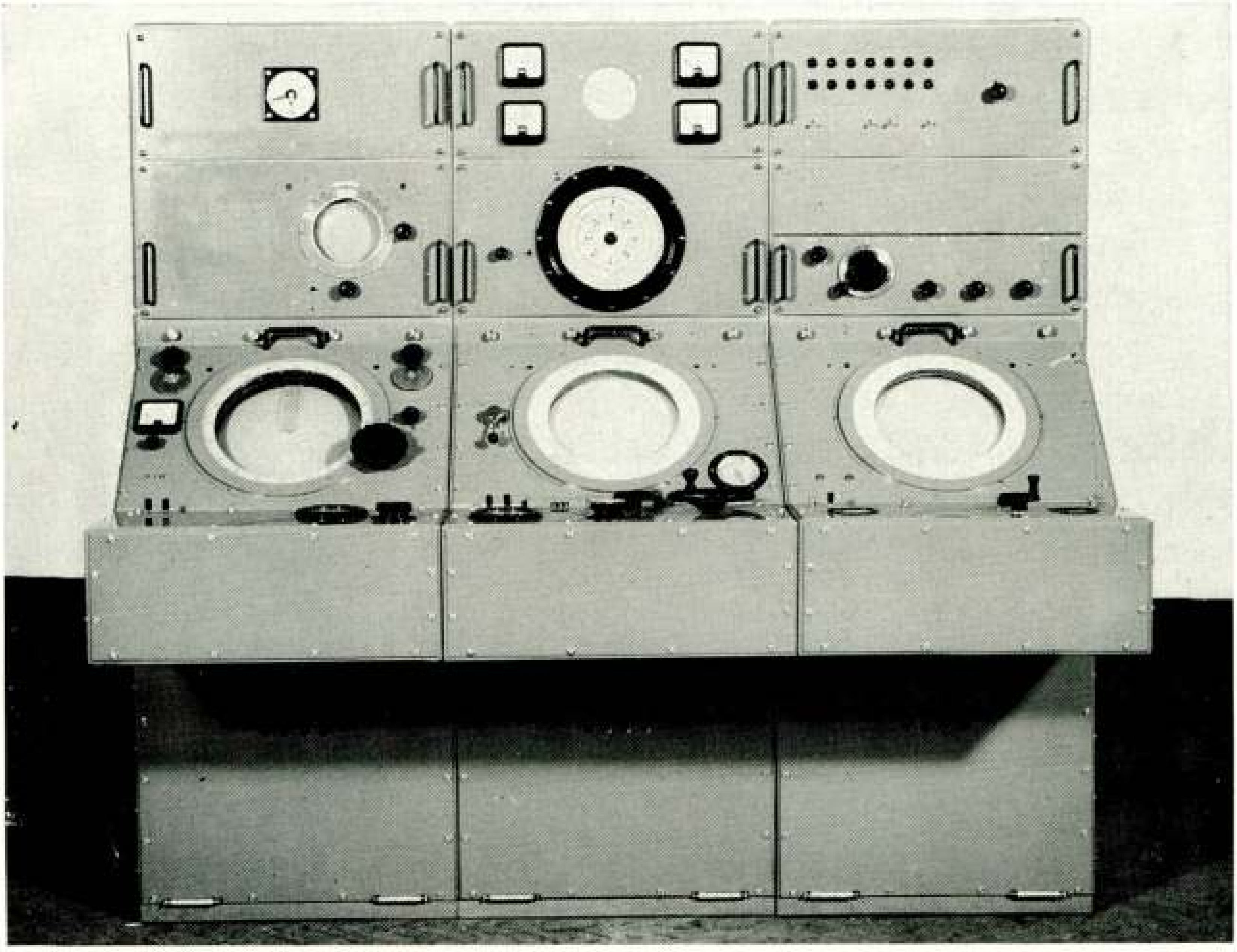


Fig. 11
Bedienings- en indicatiegedeelte

kHz vinden we bv. voor kleine hoeken α bij een transducent met een diameter van 35 cm, dat $\beta = 8\,\alpha$. Hier hebben we dus een mogelijkheid om direct de juiste bakshoek te bepalen, door de elliptische figuur rechtop te baksen.

Met dit soort apparatuur werd gedurende de tweede wereldoorlog en ook daarna nog gewerkt.

Een voorbeeld van een fabrieksuitvoering van het bedienings- en indicatiegedeelte van in Nederland ontwikkelde SONAR-apparatuur is afgebeeld in fig. 11.

4.3 *Moderne SONAR-apparatuur*

Het zoeken van een doel bleef echter bij de zojuist beschreven apparatuur een zeer tijdrovende bezigheid. Het afzoeken met een SONAR met een bundelbreedte van 15° en een afstandsbereik van 9 km van het gebied rondom duurt:

$$\frac{360}{15} \times \frac{9000}{750} = 288 \text{ seconden} = \text{bijna } 5 \text{ minuten.}$$

Als het doel een snelheid kan ontwikkelen van 30 knoop = 15 m/sec, dan kan het zich in de 288 seconden dus 4,33 km verplaatsen, dus over bijna het halve afstandsbereik. Het is duidelijk dat men zocht naar installaties die rondom konden zoeken, zonder de transducent „stappen" te laten maken.

Ook uit technische overwegingen wenste men een beeld zoals de RADAR dat gaf met de P.P.I. Om dit te bereiken, ging men er toe over panoramische SONAR's te maken met een transducent zoals afgebeeld in fig. 8. Met dit soort transducenten kan rondom worden uitgezonden; voor het ontvangen van echo's moet men een inrichting maken, waarmee het mogelijk is om een peiling te bepalen.

Deze problemen waren tot voor kort bij de RADAR van weinig belang; een ronddraaiende antenne, waarmede zowel gezonden als ontvangen werd, voldeed aan de eisen, gezien de grote voortplantingssnelheid van e.m. golven. Bij het steeds sneller worden van doelen, die door de RADAR gedetecteerd moeten worden, komt langzamerhand voor RADAR ook het soort oplossing, dat voor SONAR is gekozen, in aanmerking.

In fig. 12 is een principiële opzet van een panoramische SONAR gegeven. Door middel van een roterende capacitieve schakelaar met fasedraainetwerken worden 36 discrete ontvangbundels van 10° bundelbreedte gevormd. De output van deze

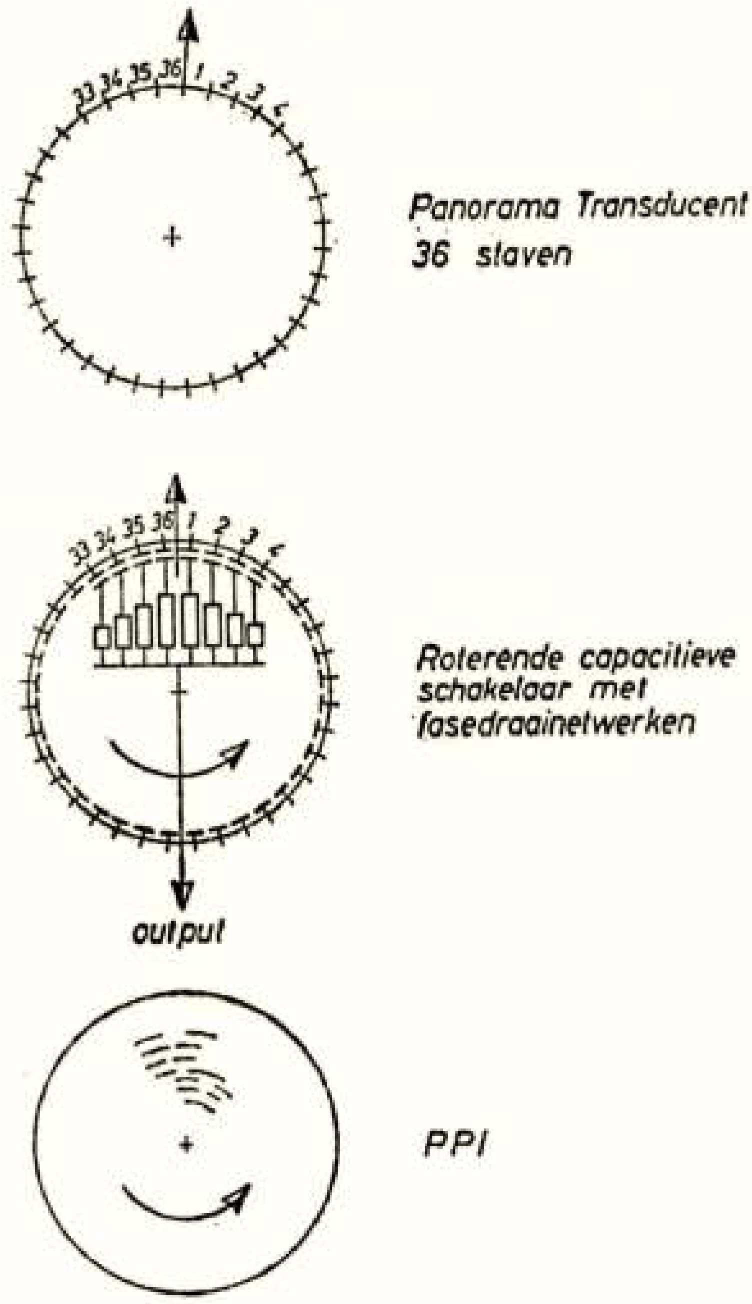


Fig. 12
Panorama-sonar

bundels kan worden afgetast en vervolgens worden afgebeeld op het scherm van een kathodestraalbuis (P.P.I.). Hierbij wordt dus een soortgelijke presentatie als bij de RADAR verkregen. De eigenlijke afbeelding wordt echter geheel anders verkregen; bij SONAR wordt een langzaam groeiende spiraal op het scherm geschreven. Hierbij doen zich vele problemen en mogelijkheden voor:

1. De eigen-dopplercompensatie moet voor de verschillende bundels verschillend zijn. Er zijn dus 18 verschillende oscillatoren nodig, die gestuurd worden door het log.
2. Indien de schakeling wordt uitgevoerd zoals in de figuur wordt aangegeven, gaat zeer veel (35/36) van de energie-inhoud van de echo verloren ten gevolge van de aftasting. Dit kan worden voorkomen door vóór de roterende (eventueel elektronisch uit te voeren) schakelaar reeds de 36 bundels te vormen en de signalen te detecteren met een aan de pulslengte aangepaste integratietijd. De apparatuur wordt hierdoor natuurlijk veel gecompliceerder.
3. Het is ook mogelijk een nauwkeurige peiling te krijgen

door een som-verschilsysteem toe te passen zoals eerder beschreven. Hierbij komen we dan tot 72 kanalen.

4.4 *Ontwerpcriteria*

Over de keuze van parameters bij het ontwerpen van SONAR-apparatuur is het volgende te zeggen.

In het algemeen zullen de afmetingen van de transducent bepaald worden door de mogelijkheden, die het schip biedt en zal men graag een zo groot mogelijke reikwijdte willen hebben. Het probleem is hiermede dan teruggebracht tot het bepalen van de frequentie, zoals uit het volgende zal blijken.

Bezien we eerst de SONAR-vergelijking

$$40 \log r + 2\,ar = 10 \log P_{ak} + T + D_t + D_r -$$
$$- (N_s + N_d) - 10 \log \triangle f - R - 49{,}1 \text{ dB}.$$

P_{ak} = uitgestraald akoestisch vermogen (watts);
a = absorptiecoëfficiënt (dB/km);
r = afstand (km);
T = doelsterkte („target strength");
D = richtinggevoeligheidsfactor („directivity index"), D_t bij zenden en D_r bij ontvangen (dB);
N_s = zeeruis (spectraalniveau in dB t.o.v. 1 dyne/cm^2 in band van 1 Hz);
N_d = eigen ruis (spectraalniveau in dB t.o.v. 1 dyne/cm^2 in band van 1 Hz);
f = bandbreedte (Hz);
R = herkenningsindex („recognition level") (dB).

De term $40 \log r + 2\,ar$ geeft aan hoeveel dB beschikbaar is voor het doorlopen van de afstand r tot het doel en terug (zie fig. 4).

De term $10 \log P_{ak} + D_t$ is een maat voor de sterkte van de akoestische bron.

T is een maat voor de reflectie-eigenschappen van het doel.

D_r is een maat voor de gerichtheid van de ontvanger, die dus de signaal-ruisverhouding beïnvloedt.

$(N_s + N_d) + 10 \log \triangle f$ geeft het ontvangen geruissignaal weer.

R is een maat voor de kwaliteit van de presentatie in combinatie met het zintuig, waarmede wordt waargenomen. Deze factor drukt uit hoeveel sterker of zwakker dan het geruis het signaal moet zijn om met 50% kans te kunnen worden waargenomen.

De 49,1 dB is een constante factor, die samenhangt met de gebruikte eenheden en definities.

Vele van de in deze formule gevonden grootheden zijn afhankelijk van de frequentie, zoals a (zie tabel 1, pag. 107), D_t en D_r (indien het oppervlak van de transducent, S_a, gegeven is) en $(N_s + N_d)$, zie fig. 6.

Voor de andere factoren kunnen vaste waarden worden ingevuld: T: gemiddeld 14 dB; $10 \log \triangle f$: aangepast aan de pulslengte; R: afhankelijk van de presentatie; P_{ak}: bepaald door het oppervlak van de transducent, indien deze tot de cavitatiegrens wordt gedreven.

De SONAR-vergelijking is dan als volgt te schrijven:

$$40 \log r + 0{,}44\, rf - 60 \log f = 30 \log S_a + 23{,}7 \text{ dB},$$

waarin f: frequentie in kHz en S_a: oppervlakte transducent in m^2.

Komen we nu terug op de oorspronkelijke vraag: hoe moet de frequentie (f) worden gekozen teneinde een zo groot mogelijke reikwijdte (r) te krijgen bij gegeven afmetingen van de transducent (oppervlak = S_a)?

Het antwoord wordt gevonden door de vergelijking naar f

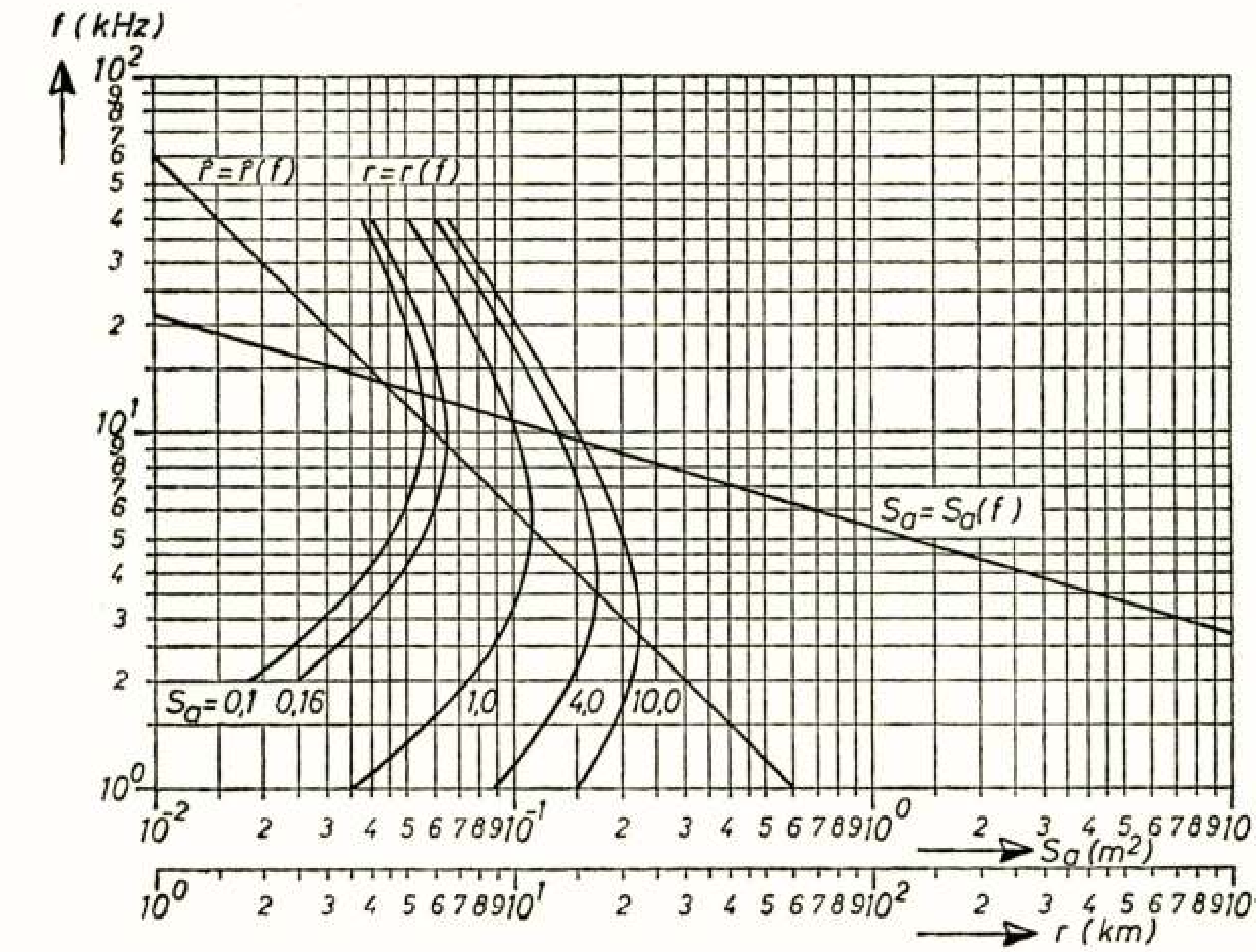


Fig. 13

Verband tussen frequentie (f), afstand (r) en oppervlakte transducent (S_a)

te differentiëren, waarbij S_a constant wordt genomen. We vinden dan:

$$\log f = 0{,}732 - 0{,}3 \log S_a,$$

waaruit bij de gegeven S_a de optimale frequentie wordt gevonden.

De maximale reikwijdte bedraagt dan $\hat{r} = \frac{59{,}2}{f}$. Dit resultaat is uitgezet in grafiekvorm in fig. 13.

Deze berekeningen zijn alleen geldig indien de detectie-mogelijkheid slechts wordt bepaald door de signaal-ruisverhouding. Indien ook rekening moet worden gehouden met de signaal-reverberation-verhouding, moet de theorie daaraan worden aangepast en komt men tot andere vergelijkingen.

4.5 *Andere werkwijzen met SONAR*

In punt 2.2 werd naar voren gebracht, dat in vele gevallen bij het optreden van variaties in de geluidssnelheid de akoestische stralen sterk kunnen worden afgebogen. In deze gevallen wordt de reikwijdte van de SONAR sterk gereduceerd. Om hieraan te ontkomen bestaan er enkele mogelijkheden, die momenteel echter nog veelal in een onderzoekstadium zijn.

1) Variable Diepte SONAR (VDS)
Hierbij laat men de transducent in een soort sleeplichaam aan een kabel neer vanuit het schip tot op een diepte, waar de voortplantingssnelheid minder varieert. Een bijkomstig voordeel is, dat de transducent minder beweegt in ruwe zee, dan wanneer hij aan het schip vast zit. De installatie is wel veel gecompliceerder en kwetsbaarder.

2) Helicopter SONAR
De afmetingen en het gewicht van de transducent en de daarbij behorende elektronische apparatuur moeten in dit geval aanzienlijk worden beperkt, waardoor de reikwijdte afneemt. De transducent wordt direct uit de helicopter afgevierd in het water en, nadat in „hoverende" positie informatie is ontvangen, weer opgehesen. Daarna kan de helicopter zich verplaatsen naar een volgende positie, hetgeen vele malen sneller kan dan met een schip. Ook kan de transducent afgevierd worden tot grotere diepte met alle voordelen van 1).

3) „Bottom Bounce" en Convergentiezone-SONAR
Bij „Bottom Bounce" worden de akoestische stralen onder bepaalde hoeken naar de bodem gericht, alwaar zij gereflecteerd worden om vervolgens hetzij direct, hetzij via een reflectie tegen het zee-oppervlak het doel te treffen. Voor een dergelijke SONAR zijn zeer grote vermogens nodig, aangezien ten eerste de weg langer is en ten tweede in vele gevallen zeer veel energie verloren gaat bij de reflectie tegen de bodem. Ook geeft dit systeem geen garantie voor detectie over het gehele afstandsbereik. Bij gebruikmaking van het effect van het optreden van een convergentiezone (zie fig. 3) is dit effect natuurlijk nog veel sterker.

4) Explosieve Echo Ranging met behulp van Sonoboeien
Hierbij wordt in plaats van met een transducent de akoestische energie opgewekt door middel van een explosie in het water. Met behulp van eerder door een vliegtuig afgeworpen sonoboeien worden de echo's van objecten, getroffen door de akoestische energie van de explosie, met hydrofoons ontvangen en daarna per radio doorgegeven aan het vliegtuig.

Slotopmerking

In dit korte bestek was het niet mogelijk dieper op de verschillende onderwerpen in te gaan. Geen aandacht kon worden besteed aan de moderne systemen van signaalverwerking voor actieve SONAR's. Ook werd de passieve SONAR, waarbij uitsluitend geluisterd wordt naar schroefgeruis, uitzendingen van actieve SONAR's etc., buiten beschouwing gelaten.

LITTERATUUR

1) M. W. van Batenburg, „Geluidsvoortplanting door het water". Ned. T. Natuurk. *31* (1965), 22-30.
2) J. W. Horton, „Fundamentals of SONAR". U.S. Naval Institute, 1957.

Manuscript ontvangen 18 februari 1966.

CONGRESSEN E.D.

ITU Aeronautical Radio Conference

The Aeronautic Radio Conference convened in Geneva from 14 March till 29 April 1966 by the International Telecommunication Union (ITU) (see Tijdschr. NERG *31*, 83) has prepared a plan to replace the one which has been drawn up in 1949. The new plan will come into force on 1 July 1967. It will be brought into force progressively and its application will be completed on 1 April 1970.

Radio channels have been redistributed to meet the new conditions posed by civil aviation. In addition, the Plan includes rules for the use of new transmitting techniques (for example single sideband emission) while the boundaries of the areas to which the frequencies are allotted have been brought up to date. Despite the considerable increase in aeronautical traffic since 1949, it has proved possible — thanks to technical progress and to the judicious allocation of frequencies — to remain within the limits of the same bands as for the 1949 Plan.

The Conference adopted a certain number of recommendations and resolutions, one of them concerning the protection against harmful interference of the high frequency band allocated exclusively to the Aeronautical Mobile Service. Two resolutions relate to the use, as far as practicable, of VHF for the aeronautical service and the broadcasting of meteorological information for aircraft in flight. Another resolution relates to the gradual replacement by Administrations, as soon as possible, of double sideband by single sideband technique. Finally, the Conference, taking note of the possibilities offered by space radio communications, recommends that Administrations, while taking into account the relevant economic and operating factors, should consider the possibility of meeting the requirements of the aeronautical mobile service on the main world air routes by means of space communication techniques.

Nederlands Akoestisch Genootschap

Het Nederlands Akoestisch Genootschap houdt op 8 juni 1966 een bijeenkomst, gewijd aan en plaats vindend in het nieuwe Rotterdamsche Concertgebouw.

International Electron Devices Meeting

The *Annual Technical Meeting* of the Electron Devices Group of the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. will be held at the Sheraton-Park Hotel in Washington, D.C., op 26—28 October 1966.

This is the unique annual electron device meeting covering research, development, design and manufacture. Papers will deal primarily with the devices themselves or important new device technology, rather than with applications or external circuitry.

Areas to be covered include:

Integrated circuits —

complex arrays, linear and digital circuits and thin film circuits.

Solid state devices —

bulk effect and avalanche devices; hot carrier devices and semiconductor cathodes; semiconductor display and apto-electronic devices; new diodes, transistors and MOS devices; phonon coupled amplifiers, transducers and delay lines; devices using new principles or structures.

Electron tubes —

high power of low noise microwave tubes; display and storage devices; negative grid tubes; techniques.

Quantum electronic devices —

lasers, modulators, beam deflectors; detectors, etc.

Energy conversion devices —

thermionic, thermoelectric, photo-voltaic and plasma devices.

Joseph F. Hull,
Technical Program Chairman,
1966 Electron Devices Meeting,
Litton Industries, 960 Industrial Road,
San Carlos, California.

BOEKBESPREKING

„Materials used in Semiconductor Devices", door C. A. Hogarth. 243 blz., 101 fig. Uitg. John Wiley & Sons Ltd., London, 1966. Prijs 105 s.

Dit boek is een algemeen naslagwerk over de tot op heden bekende eigenschappen van 10 halfgeleider materialen, die gebruikt worden bij de bouw van transistoren en andere elektronische onderdelen, en die in meerdere of mindere mate uitgeprobeerd zijn in de industrie en in het militaire vlak gedurende de laatste twee decennia. Deze materialen zijn: germanium, silicium, selenium, loodsulfide, -selenide en -telluride, indium antimonide, bismuth telluride en de antimoniden van cadium en zink.

Elk hoofdstuk behandelt een der materialen of een groep van gelijksoortige materialen en is geschreven door een auteur die een specialist is op zijn gebied. De belangrijkste onderwerpen zijn voor elk dezer gevallen: de methode van bereiding, de orde van grootte van de voornaamste fysische en elektrische eigenschappen, en een overzicht van de toepassingen van elk dezer materialen.

Het boek is van nut voor studenten en onderzoekers op het gebied van de halfgeleider-elektronica. Het verschaft beknopte en bruikbare informatie over een uitgebreid gebied van typen van halfgeleiders. Dit maakt het mogelijk de verschillende materialen onderling te vergelijken en suggesties te doen voor verdere verbeteringen en toepassingen in deze van steeds toenemend belang zijnde sector der elektronica.

In sommige gevallen is de behandeling erg kort. Er is echter aan

het einde van elk hoofdstuk een uitgebreide lijst van referenties opgenomen, verwijzend naar velerlei publikaties op het betrokken gebied. Hierdoor wordt een goed startpunt verkregen voor hen die hun kennis van het onderwerp in kwestie willen verdiepen.

M. A.-Z.

VARIA

"Undercom" for underwater communications

An unique "undercom" for underwater communications between skin divers will now be offered by Raytheon Company.

The diver's voice is heard clearly and without distortion with the transistorized transmitter. Normal speech sounds are carried through the water for 50 feet or more and can be heard by other divers without special receivers or listening equipment.

Extending the range of the equipment beyond the normal operating radius is an automatic tone alarm. This can be heard at more than triple the range of the human voice and can be used to alert another diver or to recall him to within conversation range. The beeper alarm is a built-in feature.

Called the "Yack Yack", the patented device is lighter in weight, simpler in concept, and less expensive than any other underwater communication system commercially available. Professional skin divers who worked with the equipment at depths to 350 feet during the final three years of its development report that its acoustic fidelity is also superior.



The Raytheon "Yack Yack" system consists of two parts: a face mask including a microphone and a special sound diffuser to eliminate bubble sounds; and a compact, non-corrosive plastic case containing the amplifier circuitry, dry cell battery, and speaker. The microphone assembly fits inside an ordinary diving mask while the speaker case is worn on the weight belt. The complete system weights only 25 ounces in the water.

The Model CO-102 diver's "undercom" can be used by an instructor in the water to give instructions to students or by commercial divers, treasure hunters, or sports divers.

For boat-to-diver two-way conversations at distances of 100 feet or more, the Model CO-120 surface unit has a transducer assembly that is placed over the side of the boat to transmit speech into the water and to receive and amplify returning sounds, a function performed by the diver's ear in the submerged equipment. Range is tripled by the use of the recall beeper.

The surface-to-diver gear is portable and easily carried from boat to boat or from dock to dock.

Additional information is available in continental Europe from Raytheon AG, Kalvebod Brygge 20/V, Copenhagen Denmark, in the British Isles from Cossor Communications Co., The Pinnacles, Elizabeth Wey, Harlow, Essex, England, and elsewhere from Raytheon Company, International Sales and Services, Lexington, Mass. 02173 U.S.A.

Ultrasonic level measuring system

An ultrasonic system for measuring the height of materials in storage tanks, processing vats or conveyors has been introduced by Raytheon Company.

The new SR-50 represents a new approach to solving measurement problems for a wide variety of liquids, granulated and powdered materials, and irregular solids.

Continuous readings are provided by an ultrasonic signal beamed downward from the top of the container to the surface of the material to be measured. A sounding is taken 20 times each second to give accurate and dynamic measurements which are particularly important in processing industries.

Unlike traditional electro-mechanical, mechanical, and fluid gages, the Raytheon ultrasonic gage does not contact the material. This eliminates protrusions from the sides of a tank and hung-up material caught on the conventional internal fittings, and provides an accurate measuring system for substances whose temperature or corrosiveness presented difficulties in the past.

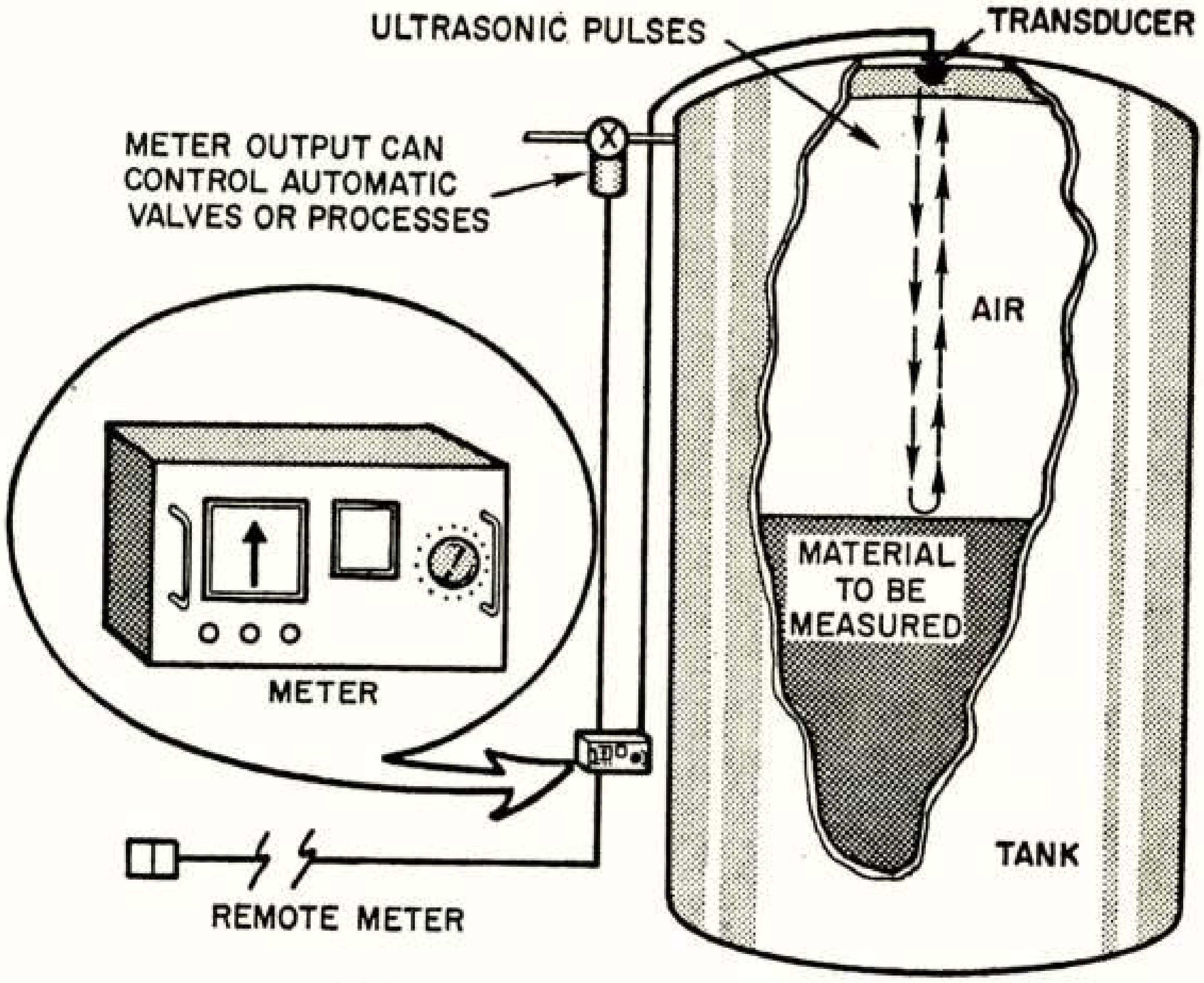
The system is silent and is free from explosion or spark risks.

Readings from the Raytheon system are displayed on a meter at a central control panel. In addition, a remote meter can be run from this indicator to a distant instrument panel. The readout can also be shown graphically.

For automated process control the output of the indicator can be used to provide a signal that can open or close valves or regulate

the flow of materials dependent upon the levels of the material being measured.

Based upon Raytheon's experience of more than 40 years in the production of underwater sounding equipment used aboard ship, the new ultrasonic industrial measuring system employs a transducer which is installed in the top of a tank or container. Inside the transducer is a lead zirconate piezo-electric crystal. When a signal is applied to the crystal it flexes minutely sending out a wave of ultrasonic energy through the air downward to the surface of the material. When the pulse hits the material in the tank reflected



RAYTHEON ULTRASONIC LEVEL MEASURING SYSTEM

energy bounces back to the transducer where it is converted back into an electric signal. The time delay for the signal to go out and return is measured accurately and shown on the meter in feet.

Information is available from Raytheon Company, International Sales and Services, Lexington, Mass. 02173, U.S.A.

UIT HET N.E.R.G.

Rectificatie contributiebetaling

Het postrekeningnummer van de Penningmeester, vermeld op pag. 102 van nr. 4 van dit Tijdschrift, is niet juist. Dit moet zijn: Nr. 94746.

Ledenmutaties

Nieuwe leden:

Ir. F. J. Daalmans, Nieuweweg 36, Hoogerheide (gem. Woensdrecht).
Ir. E. Goldstern, Lijsterbeslaan 12, Hilversum.
W. van der Horst, Molenallee 63A, Wilp (G.).
Ir. F. Jonker, Mr. D. Fockstraat 9, Rijswijk (Z.H.).
J. W. van der Lely, Rembrandtlaan 58, Huizen (N.H.).
Ir. F. F. Th. van Odenhoven, Fontanalaan 5, Eindhoven.
Ir. H. Schreur, Frans Halslaan 25, Huizen (N.H.).

Voorgestelde leden:

Ir. A. A. J. M. van Heck, Graafseweg 160, 's-Hertogenbosch.
Ir. H. Kraaijenbrink, Karekietstraat 36, Gouda.
Ir. A. Da Silva Curiel, Burg. Keijzerlaan 37, Leidschendam.
Ir. K. van der Valk, Van Goyenstraat 7, Son.
Ir. B. P. Th. Veltman, Händellaan 3, Voorschoten.
Ir. E. Vingerling, Willem Bilderdijklaan 14, Bussum.

Nieuwe adressen van leden:

Ir. A. S. T. Kruijf, Dr. H. Colijnlaan 170, Rijswijk (Z.H.).
Ir. K. Vredenbregt, Kwikstaartlaan 30, Leidschendam.

Bedankt als lid:

Ir. F. J. H. Timmermans, Bargweg 40, Hamburg-Harksheide, W. Duitsland.

Dit nummer werd gedrukt op 10 juni 1966.